

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011144

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ B23K20/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ B23K20/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2004 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2004 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2004 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---------------|--|-----------------------|
| <u>X</u> A | JP 2002-66760 A (Mazda Motor Corp.), 05 March, 2002 (05.03.02), Detailed explanation of the invention; Par. Nos. [0020] to [0025]; Figs. 1 to 2 (Family: none) | <u>1-4</u> 5-10 |
| <u>X</u> A | US 6029879 A (Elijah COCKS), 29 February, 2000 (29.02.00), Column 2, line 66 to column 4, line 16; Figs. 1A to 1B (Family: none) | <u>7-10</u> 1-6 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

Date of the actual completion of the international search
26 October, 2004 (26.10.04)

Date of mailing of the international search report
16 November, 2004 (16.11.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011144

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------------------------|--|---------------------------|
| <u>P, X</u> <u>P, A</u> | JP 2004-141948 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 20 May, 2004 (20.05.04), Detailed explanation of the invention; Par. No. [0043]; Fig. 1 (Family: none) | <u>1-4</u> <u>5-10</u> |
| <u>P, X</u> <u>P, A</u> | JP 2004-58135 A (Mazda Motor Corp.), 26 February, 2004 (26.02.04), Detailed explanation of the invention; Par. Nos. [0071] to [0075], [0081] to [0093]; Figs. 3 to 5 (Family: none) | <u>1-4</u> <u>2-10</u> |
| <u>P, X</u> <u>P, Y</u> | JP 2003-334671 A (Toyota Motor Corp.), 25 November, 2003 (25.11.03), Detailed enovation of the invention; Par. Nos. [0039] to [0050]; Figs. 1 to 5 (Family: none) | <u>1-4</u> <u>5-10</u> |
| <u>T, X</u> <u>T, A</u> | JP 2004-216421 A (Honda Motor Co., Ltd.), 05 August, 2004 (05.08.04), Detailed enovagion of the ine Par. Nos. [0073] to [0074]; Figs. 9, 11 to 12 (Family: none) | <u>1-4</u> <u>5-10</u> |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011144

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The special technical feature of claims 1-6 is "a friction stir welding method for joining a layered portion on a recess portion and forming a projection portion projecting toward the buried direction of a probe on one end surface of the layered portion, the joining and the forming being performed by burying the probe, while rotating it, from the other end surface side of the layered portion toward the recess portion provided on a support jig or on a placement jig."

(continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011144

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

The special technical feature of claims 7-10 is "a tool for friction stir welding, where a probe provided on the head portion of the tool has a first screw portion having a spiral shape and a second screw portion provided more on the rear side than the first screw portion and having a spiral shape wound reverse to that of the first screw portion."

Consequently, these inventions are not for an instrument or a device specially designed to use the method, and has no technical relationship including one or more of the same or corresponding special technical feature. Therefore, the inventions are not so linked as to form a single general inventive concept.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B23K20/12

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B23K20/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2004年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2004年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2004年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|---------------------|--|--------------------|
| <u>X</u> A | JP 2002-66760 A(マツダ株式会社)2002. 03. 05, 発明の詳細な説明【0020】-【0025】、第1-2図 (ファミリーなし) | <u>1-4</u> 5-10 |
| <u>X</u> A | US 6029879 A(Elijah COCKS)2000. 02. 29, 第2欄第66行-第4欄第16行, 第1A-1B図 (ファミリーなし) | <u>7-10</u> 1-6 |
| <u>P, X</u> P, A | JP 2004-141948 A(川崎重工業株式会社)2004. 05. 20, 発明の詳細な説明【0043】、第1図 (ファミリーなし) | <u>1-4</u> 5-10 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26. 10. 2004

国際調査報告の発送日

16.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

加藤 昌人

3P

9257

電話番号 03-3581-1101 内線 3362

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|---|--------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| <u>P, X</u> P, A | JP 2004-58135 A(マツダ株式会社)2004. 02. 26, 発明の詳細な説明【0071】 - 【0075】 , 【0081】 - 【0093】 , 第3-5図 (ファミリーなし) | <u>1-4</u> 5-10 |
| <u>P, X</u> P, A | JP 2003-334671 A(トヨタ自動車株式会社)2003. 11. 25, 発明の詳細な説明【0039】 - 【0050】 , 第1-5図 (ファミリーなし) | <u>1-4</u> 5-10 |
| <u>T, X</u> T, A | JP 2004-216421 A(本田技研工業株式会社)2004. 08. 05, 発明の詳細な説明【0073】 - 【0074】 , 第9, 11-12図 (ファミリーなし) | <u>1-4</u> 5-10 |

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査することを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1～6の特別な技術的特徴は、「プローブを、回転動作させながら積層部の他端面側から支持用治具または載置治具に設けられた凹部に指向して埋没させることにより、凹部上の積層部を接合するとともに、プローブの埋没方向に指向して突出する凸部を積層部の一端面に設ける摩擦攪拌接合方法」である。

請求の範囲7～10の特別な技術的特徴は、「摩擦攪拌接合用工具先端部に設けられたプローブが、螺旋形状である第1ねじ部と、第1ねじ部よりも後側に設けられ、第1ねじ部と逆向きの螺旋形状である第2ねじ部とを有する摩擦攪拌接合用工具」である。

したがって、これらの発明は、その方法を使用するために特に設計した器具または装置ともいえないので、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

明 細 書

摩擦撹拌接合方法及びその治具、有摩擦撹拌接合部部材、並びに摩擦撹拌接合用工具

技術分野

[0001] 本発明は、複数個の部材が積層されて形成された積層部を接合するための摩擦撹拌接合方法及びその治具、該摩擦撹拌接合方法によって得られる有摩擦撹拌接合部部材、並びに、金属製ワークの積層部ないし当接部を摩擦撹拌接合によって接合するための摩擦撹拌接合用工具に関する。

背景技術

[0002] 部材同士を積層させ、その積層部を接合する方法としては、スポット溶接が一般的であるが、近年、摩擦撹拌接合によって接合することが提案されている(例えば、特許文献1〜3参照)。

[0003] 図28に、特許文献1の図1に図示された装置と同様の観点から、第1ワークW1と第2ワークW2とを積層して形成した積層部6を支持用治具3上に載置し、この積層部6に対して摩擦撹拌接合用工具7のプロープ8を埋没させた状態を示す。なお、図28中の参照符号A3、Mは、それぞれ、プロープ8によって撹拌される撹拌領域、第1ワークW1と第2ワークW2との境界線を表す。

[0004] ところで、このようにして摩擦撹拌接合を行うと、プロープ8が埋没されて肉が塑性流動を起こしても、その肉が第1ワークW1の下端面側から突出することはできない。このため、第2ワークW2の肉が摩擦撹拌接合用工具7の回転体9の側周壁部近傍まで塑性流動し、そこで隆起して円環状のバリBLが形成されてしまう。従って、バリBLを切削する仕上げ工程が必要となる。

[0005] また、図29に示すように、プロープ8の埋没に伴って圧潰された箇所肉厚T3や、該埋没箇所の近傍における下側のワークW1が隆起した箇所直上のワークW2の肉厚T4が小さくなるので、積層部6の接合強度が十分でなくなるという不具合を招く。

[0006] その上、周知のように、摩擦撹拌接合においては、プロープ8を埋没させて肉を塑性流動させた後、該プロープ8を離脱させるので、離脱箇所に離脱穴が残留し、この

ために積層部6の接合強度が小さくなるという不具合がある。

- [0007] 離脱穴が生じるという不具合を回避するため、特許文献2に記載された技術では、積層部の両端面に治具を当接させるとともに、両端面側に摩擦攪拌接合用治具を配置させるようにしている。すなわち、一端面側の治具の貫通孔に挿入されたプローブを積層部に埋没させて摩擦攪拌接合を行った後、前記埋没に伴って他端面側の治具の貫通孔に流入した肉を該他端面側に配置されたプローブで押し戻す。このように突出した肉を離脱穴が平滑となるまで押し戻すことによって、平滑面を得るを試みている。
- [0008] 一方、特許文献3に記載された技術では、治具の平滑面に積層部を載置するとともに回転動作して埋没するプローブの周辺に付加材料片を供給し、この付加材料片を部材とともに接合することで、離脱穴を充填するようにしている。
- [0009] しかしながら、特許文献2に記載された技術では、2個の摩擦攪拌接合用工具を互いに相反する方向に設置する必要があるため、摩擦攪拌接合装置の構成が複雑となるとともに、設備投資が高額になるという不具合がある。
- [0010] また、特許文献3に記載された技術では、付加材料片が必要となる分、材料コスト、ひいては摩擦攪拌接合コストが上昇してしまう。しかも、付加材料片の供給機構を設ける必要があるので、この場合においても摩擦攪拌接合装置の構成が複雑となり、設備投資が高額となる。
- [0011] そこで、図30に示すように、凹部1が設けられた載置治具2を支持用治具3の挿入用凹部4に挿入して摩擦攪拌接合用治具5を構成することが想起される。載置治具2の凹部1上に第1ワークW1と第2ワークW2との積層部6を載置し、摩擦攪拌接合用工具7のプローブ8を埋没させれば、領域A4の肉が軟化して塑性流動し、最終的に、凹部1内に肉が流入する。このように、プローブ8を埋没させた分の肉が凹部1へ流動するため、バリBLが発生することが抑制されとともに、塑性流動した肉が下端面側に突出するので接合後の積層部6の肉厚が小さくなることがないために、接合強度を確保することができると推察される。

特許文献1:特開2002-178168号公報

特許文献2:特開2001-259863号公報

特許文献3:特開2003-62678号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0012] しかしながら、図30に示される摩擦攪拌接合用治具5を使用してもなお、積層部6の接合強度が十分であるとは言い難い場合がある。この理由は、図31に示すように、載置治具2に設けられた凹部1の中心部を通る軸線L1と、摩擦攪拌接合用工具7(プローブ8)の中心部を通る軸線L2とを一致させることが容易でないためである。
- [0013] 軸線L1と軸線L2とが一致していない状態、すなわち、いわゆる芯ずれを起こした状態で摩擦攪拌接合を続行すると、図30に示すように、プローブ8の側周壁と凹部1の内周壁との間隔が大きくなる領域B1と小さくなる領域B2とが形成される。この場合、プローブ8の側周壁と凹部1の内周壁との間隔が小さい領域B2では肉が良好に攪拌されるが、間隔が大きい領域B1では攪拌される肉の量が少なくなるため、摩擦攪拌接合の度合いが十分ではなくなる。その結果、接合強度が小さくなると推察される。
- [0014] このような不具合を解消するためには、いわゆる芯出しを予め行い、軸線L1と軸線L2とを可及的に一致させるようにすればよい。しかしながら、芯出しは精度を必要とする煩雑な作業であり、しかも、芯出し作業が終了した後に何らかの外乱によって芯ずれが生じたときには、芯出し作業を再度行わなければならない。このため、摩擦攪拌接合の作業効率が低下してしまうという不具合が顕在化している。
- [0015] 本発明の一般的な目的は、摩擦攪拌接合の作業効率を向上させ、しかも、摩擦攪拌接合用装置の構成を複雑化させることなく接合部の接合強度を向上させる摩擦攪拌接合方法を提供することにある。
- [0016] 本発明の主たる目的は、そのような摩擦攪拌接合を行う際に使用される摩擦攪拌接合用治具を提供することにある。
- [0017] 本発明の別の目的は、そのような摩擦攪拌接合方法を行った結果として得られる有摩擦攪拌接合部部材を提供することにある。
- [0018] 本発明のまた別の目的は、例えば、そのような摩擦攪拌接合を行う際に好適に使用される摩擦攪拌接合用工具を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0019] 本発明の第1の側面によれば、複数の部材が積層されることによって形成された積層部の一端面を支持用治具で支持し、前記積層部の他端面から摩擦攪拌接合用工具のプロープを埋没させて該積層部を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合方法であって、
- 前記支持用治具に凹部を設け、
- 前記プロープを回転動作させながら前記積層部の前記他端面側から前記凹部に指向して埋没させることにより、前記凹部上の前記積層部を接合するとともに、前記プロープの埋没方向に指向して突出する凸部を前記積層部の前記一端面に設ける摩擦攪拌接合方法が提供される。
- [0020] すなわち、支持用治具に凹部を設け、摩擦攪拌接合を施す際、この凹部に積層部の肉を流入させる。このようにすることにより、積層部が陥没して多くの肉が攪拌することになる。その結果、肉が攪拌されない非攪拌部では、上方の部材において陥没に伴って形成された突出部が下方の部材における陥没部に塑性変形によって嵌合し、同時に、攪拌部では、積層された部材の当接部位の肉同士が多量に塑性流動される。この状態で冷却固化することによって形成される接合部では、嵌合及び摩擦攪拌接合によって接合強度が良好となる。
- [0021] しかも、この場合、積層部にバリが発生することが抑制される。従って、特に摩擦攪拌接合を行った後に仕上げ加工を行う必要がないので、加工時間を短縮することができる。結局、加工効率を上昇させることができる。
- [0022] なお、凸部に水平断面が略円形となる部位を設け、且つ前記水平断面の直径をプロープの外径に比して大きく設定することが好ましい。この場合、肉が容易に凹部に流入するようになる。その結果、摩擦攪拌接合時に、積層された部材同士の当接部位の肉を多量に攪拌させることができるので、接合部の接合強度が一層良好となる。
- [0023] 本発明の第2の側面によれば、複数の部材が積層されることによって形成された積層部を摩擦攪拌接合する際、前記積層部の一端面を支持するための摩擦攪拌接合用支持用治具であって、
- 摩擦攪拌接合用工具のプロープが回転動作しながら前記積層部の他端面側から

埋没することに伴い、前記積層部の前記一端面に前記プローブの埋没方向に指向して塑性流動する肉を收容するための凹部を有する摩擦撹拌接合用支持用治具が提供される。

[0024] このような支持用治具を使用して摩擦撹拌接合を行うことにより、積層部の肉が凹部に流入する。その結果、積層部の当接箇所が良好に撹拌されて接合強度が良好な接合部が得られる。

[0025] 本発明の第3の側面によれば、複数個の部材が積層されることによって形成された積層部が摩擦撹拌接合で接合された有摩擦撹拌接合部部材であって、

前記積層部の一端面に、摩擦撹拌接合用工具のプローブが該積層部の他端面に埋没することに伴って突出形成した凸部を有する有摩擦撹拌接合部部材が提供される。

[0026] 前記凸部は、積層された部材同士が摩擦撹拌接合用工具で接合される際、塑性流動する肉が上記支持用治具の凹部に流入した後に冷却固化することによって形成される。このような有摩擦撹拌接合部部材における接合部は、優れた接合強度を示す。

[0027] 本発明の第4の側面によれば、複数個の部材が積層されることによって形成された積層部を、支持用治具の挿入用凹部にクリアランスが生じるように挿入されて且つ上端面に凹部が設けられた載置治具で支持し、前記積層部の上端面から摩擦撹拌接合用工具のプローブを埋没させて該積層部を摩擦撹拌接合する摩擦撹拌接合方法であって、

前記プローブを回転動作させながら前記積層部の上端面から前記載置治具の凹部に指向して埋没させて該凹部上の前記積層部を摩擦撹拌接合する際、前記支持用治具を、該載置治具の凹部の中心部と前記プローブの中心部とが一致する方向に前記挿入用凹部内で変位させる摩擦撹拌接合方法が提供される。

[0028] この発明においては、積層部にプローブを埋没させることによって該プローブの中心部と載置治具の中心部とを一致させる。換言すれば、プローブの埋没時に芯出しを行う。このため、煩雑な芯出しを予め行う必要がない。従って、摩擦撹拌接合の作業効率が向上する。

- [0029] しかも、上記のように摩擦撹拌接合を行うことによって、プローブの周囲に存在する積層部の肉が部位に関わらず同等に撹拌される。すなわち、撹拌される肉の量が少ない部位がなくなるので、接合強度が小さい部位がなくなる。これにより、接合強度が大きな積層部を得ることができる。
- [0030] また、この場合、プローブの埋没に伴って、積層されたワーク同士が突出部と陥没部で互いに結合された状態、すなわち、いわゆるかしめ状態が形成される。このことによっても、積層部の接合強度が大きくなる。
- [0031] さらに、肉を載置治具の凹部に塑性流動させるので、バリが形成されることを回避することもできる。
- [0032] 本発明の第5の側面によれば、複数個の部材が積層されることによって形成された積層部を摩擦撹拌接合するための摩擦撹拌接合用治具であって、
上端面に凹部が設けられて前記積層部を載置するための載置治具と、
前記載置治具を挿入するための挿入用凹部が設けられた支持用治具と、
前記支持用治具と、前記載置治具における前記挿入用凹部にクリアランスが生じるように挿入された部位との間に介在された弾性体と、
を有する摩擦撹拌接合用治具が提供される。
- [0033] このような構成とすることにより、積層部にプローブを埋没させる際に該プローブの中心部と載置治具の中心部とを一致させ、芯出しを行うことができる。従って、上記したように、摩擦撹拌接合の作業効率を向上させることができるとともに、接合強度に優れた積層部を得ることができる。
- [0034] しかも、弾性体を介在させることによって載置治具を挿入用凹部内で変位自在としているので、載置治具を挿入用凹部内で変位させるようにしたことによって摩擦撹拌接合用治具の構成が複雑になることもない。すなわち、摩擦撹拌接合用治具を簡素な構成とすることができる。
- [0035] 本発明の第6の側面によれば、複数個の金属製のワークの当接部を摩擦撹拌接合によって接合するための摩擦撹拌接合用工具において、
前記ワークを押さえる回転体と、
該回転体の先端部に同軸状に形成されて前記ワークに挿入されるプローブと、を

有し、

前記プローブは、先端部に設けられ、螺旋形状である第1ねじ部と、

前記第1ねじ部よりも後側に設けられ、前記第1ねじ部と逆向きの螺旋形状である第2ねじ部と、

を有する摩擦撹拌接合用工具が提供される。

[0036] このように、第1ねじ部と第2ねじ部とのねじの向きを逆にし、先端の第1ねじ部がワークに対して螺合する向きに回転させることにより、より大きい接合強度でワークを接合させることができる。

[0037] この場合、複数の前記ワークは積層され、前記第1ねじ部と前記第2ねじ部との境界線から前記回転体の端面までの距離は、複数の前記ワークのうち表側のワークの厚みと略等しく設定されていると、ワークの合わせ面の部分をより確実に接合することができる。

[0038] また、前記第1ねじ部と前記第2ねじ部のねじピッチは等しく設定されるとともに、前記第1ねじ部と前記第2ねじ部の軸方向長さが等しく設定されていると、第1ねじ部によって下方に向かう力と、第2ねじ部によって上方に向かう力をバランスさせることができる。これにより、ワークの浮き上がり又は沈み込みを防ぐとともに、第1ねじ部による塑性流動と第2ねじ部による塑性流動がバランスよく発生し、第1ねじ部と第2ねじ部との境界線付近における塑性流動が促進される。

[0039] さらに、前記第1ねじ部のねじ山と前記第2ねじ部のねじ山は連続していると、境界線付近の塑性流動を一層促進させることができる。

図面の簡単な説明

[0040] [図1]図1は、第1実施形態に係る摩擦撹拌接合方法を実施するための支持用治具と、摩擦撹拌接合される第1ワーク及び第2ワークと、摩擦撹拌接合用工具とを示す要部拡大略斜視図である。

[図2]図2は、図1の支持用治具に積層部が載置された状態を示す一部縦断面拡大図である。

[図3]図3は、図2の積層部に摩擦撹拌接合用工具のプローブが埋没した状態を示す一部縦断面拡大図である。

[図4]図4は、第1実施形態に係る摩擦撹拌接合方法によって接合された接合部を有する有摩擦撹拌接合部部材の要部斜視説明図である。

[図5]図5は、図28の摩擦撹拌接合方法によって得られた一般的な有摩擦撹拌接合部部材、及び第1実施形態に係る有摩擦撹拌接合部部材における撹拌時間と剪断強度との関係を示すグラフである。

[図6]図6は、肉厚がプローブの長さより比して大きな部材を摩擦撹拌接合する状態を示す一部縦断面拡大図である。

[図7]図7は、肉厚がプローブの長さより比して小さい積層部を摩擦撹拌接合する状態を示す一部縦断面拡大図である。

[図8]図8は、開口部近傍にテーパ部が設けられた凹部を示す要部縦断面図である。

[図9]図9は、テーパ状に縮径する凹部を示す要部縦断面図である。

[図10]図10は、底部に環状溝が設けられた凹部を示す要部縦断面図である。

[図11]図11は、長尺溝形状の凹部が設けられた支持用治具の概略全体斜視図である。

[図12]図12は、第2実施形態に係る摩擦撹拌接合用治具と、摩擦撹拌接合される第1ワーク及び第2ワークと、摩擦撹拌接合用工具とを示す要部拡大略斜視図である。

[図13]図13は、図12の摩擦撹拌接合用治具を構成する載置治具に積層部が載置された状態を示す一部縦断面拡大図である。

[図14]図14は、載置治具の凹部の軸線とプローブの軸線とが一致していない状態を示す概略横断面説明図である。

[図15]図15は、載置治具が挿入用凹部内で変位することに伴って載置治具の凹部の軸線とプローブの軸線とが略一致した状態を示す一部縦断面拡大図である。

[図16]図16は、載置治具の凹部の軸線とプローブの軸線とが略一致した状態を示す概略横断面説明図である。

[図17]図17は、載置治具の回転動作が阻止された状態を示す概略横断面説明図である。

[図18]図18は、第2実施形態に係る摩擦撹拌接合方法によって接合された摩擦撹

拌接合部位の要部斜視説明図である。

[図19]図19は、第1実施形態又は第2実施形態で使用可能な別の摩擦撈拌接合用工具及びワークを示す側面図である。

[図20]図20は、摩擦撈拌接合用工具のプロープの側面を展開した模式図である。

[図21]図21は、摩擦撈拌接合用工具のプロープの先端部が積層部に埋没した状態を示す一部断面側面図である。

[図22]図22は、摩擦撈拌接合用工具の円筒部の端面が第2ワークに当接するまでプロープが積層部に埋没された当初の状態を示す一部断面側面図である。

[図23]図23は、摩擦撈拌接合用工具の円筒部の端面が第2ワークに当接するまでプロープが積層部に埋没され、塑性流動が発生した状態を示す一部断面側面図である。

[図24]図24は、また別の摩擦撈拌接合用工具及びワークの一部断面側面図である。

[図25]図25は、さらに別の摩擦撈拌接合用工具のプロープの側面を展開した模式図である。

[図26]図26は、さらにまた別の摩擦撈拌接合用工具のプロープの側面を展開した模式図である。

[図27]図27は、端面が当接されたワーク同士に対して摩擦撈拌接合用工具を用いて摩擦撈拌接合を行う様子を示す斜視図である。

[図28]図28は、凹部が設けられていない一般的な支持用治具に載置された積層部にプロープが埋没した従来技術に係る摩擦撈拌接合方法を実施している状態を示す一部縦断面拡大図である。

[図29]図29は、凹部が設けられていない一般的な支持用治具に載置された積層部にプロープが埋没した従来技術に係る摩擦撈拌接合方法を実施している状態を示す一部縦断面拡大図である。

[図30]図30は、載置治具が変位不可能な摩擦撈拌接合用治具を使用して積層部を摩擦撈拌接合する状態を示す一部縦断面拡大図である。

[図31]図31は、図30の載置治具の凹部の軸線とプロープの軸線とが一致していな

い状態を示す概略横断面説明図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0041] 以下、本発明に係る摩擦撹拌接合方法につき、該接合方法を実施する際に使用される支持用治具及び摩擦撹拌接合用工具と、最終的に得られる有摩擦撹拌接合部部材との関係で好適な実施の形態を挙げ、添付の図面を参照して詳細に説明する。
- [0042] はじめに、第1実施形態につき説明する。
- [0043] 図1は、支持用治具10と、JIS記号の数字が5000番台であるいわゆる5000系のアルミニウムからなる第1ワークW1及び第2ワークW2と、摩擦撹拌接合用工具7との要部拡大略斜視図であり、図2は、図1の支持用治具に積層部が載置された状態を示す一部縦断面拡大図である。この場合、支持用治具10の形状は略直方体であり、上端面の略中央部には、水平断面が略真円形状である略中空円柱体形状の凹部18が設けられている。
- [0044] 第1ワークW1及び第2ワークW2は互いに積層され、これにより積層部6が形成される。後述するように、この積層部6は、前記凹部18を覆った状態で摩擦撹拌接合される。
- [0045] 摩擦撹拌接合用工具7は、回転体9と、該回転体9の一端部に連結されて先端部が円錐状に湾曲したプローブ8とを有する。このプローブ8の外径は、支持用治具10に設けられた凹部18の直径に比して小さく設けられる。換言すれば、凹部18の直径は、プローブ8の外径に比して大きく設定される。なお、プローブ8の長さL、第1ワークW1の肉厚T1(図2参照)、第2ワークW2の肉厚T2は、例えば、約2.5mm、約1.5mm、約1.0mmに設定することができる。
- [0046] ここで、摩擦撹拌接合用工具7は、その軸線が凹部18の軸線に略一致するように配置される。すなわち、プローブ8は、凹部18の上方に位置する。
- [0047] 第1実施形態において、摩擦撹拌接合は、以下のようにして実施される。
- [0048] 先ず、図2に示すように、第1ワークW1と第2ワークW2とを積層して積層部6を形成し、該積層部6を支持用治具10に載置する。この際、積層部6で凹部18を覆う。
- [0049] 次に、摩擦撹拌接合用工具7を積層部6から所定距離で離間する位置まで下降させた後に回転体9を回転付勢し、プローブ8を積層部6の上端面(第2ワークW2の上

端面)に摺接させる。この摺接に伴って摩擦熱が発生することにより、積層部6におけるプローブ8の当接箇所及びその近傍が軟化する。その結果、図3に示すように、該プローブ8が積層部6に埋没するとともに、この埋没に対応して、積層部6の肉が凹部18に流入する。上記したように、凹部18の水平断面の直径がプローブ8の直径に比して大きいため、この流入は容易に進行する。

[0050] また、プローブ8の回転動作に伴って、積層部6における攪拌領域A1の肉が攪拌される。この際、該積層部6の肉が凹部18に流入しているため、当接部位の肉を多量に攪拌することができる。

[0051] さらに、プローブ8の埋没に伴って、第2ワークW2における第1ワークW1に臨む面に突出部26が形成されるとともに、第1ワークW1における第2ワークW2に臨む面に陥没部28が形成される。そして、突出部26は、陥没部28に嵌合する。なお、陥没部28の図3における下端部は、肉の塑性流動が行われない非攪拌部(塑性変形部)である。すなわち、陥没部28の図3における下端部は、塑性変形によって凹部18に対応する形状に成形される。

[0052] ここで、図3と図28を対比して諒解されるように、第1実施形態において、該プローブ8によって攪拌される攪拌領域A1は、図28に示す攪拌領域A3に比して広い。このため、第1ワークW1と第2ワークW2との境界線Mは、攪拌領域A3(図28参照)に比して攪拌領域A1(図3参照)の方に多く含まれる。換言すれば、第1実施形態に係る摩擦攪拌接合方法においては、従来技術に係る摩擦攪拌接合方法に比して、第1ワークW1と第2ワークW2との境界線Mを長距離にわたって攪拌することができる。

[0053] しかも、積層部6を陥没させない従来技術ではバリBL(図28参照)が形成されてしまうのに対し、本実施の形態によれば、図3に示すように、積層部6のプローブ8が埋没した分の肉が凹部18に塑性流動する。このため、肉が隆起することはない、従って、バリBLが形成されることはない。

[0054] このように、凹部18が設けられた支持用治具10を使用することにより、バリBLを形成することなく積層部6を摩擦攪拌接合することができる。

[0055] この場合、攪拌を開始しておよそ2秒後にプローブ8を離脱させることで肉の塑性流動を停止させれば、最終的に、境界線Mを含む積層部6の肉が冷却固化する。これ

により第1ワークW1と第2ワークW2とが一体的に固相接合されて、図4に示すように、摩擦攪拌接合部位40を有する有摩擦攪拌接合部部材42が得られるに至る。この有摩擦攪拌接合部部材42は、凹部18に流入した肉が冷却固化することに伴って一端面側に突出形成された円柱体形状の凸部44を有する。従って、この場合、該凸部44の外径は、凹部18の直径と略同一となる。

- [0056] 有摩擦攪拌接合部部材42の摩擦攪拌接合部位40における剪断強度を、図28に示す従来技術に係る摩擦攪拌接合方法によって設けられた摩擦攪拌接合部位における剪断強度とともに、図5に示す。なお、図5において、横軸は攪拌時間である。
- [0057] 図5から明らかなように、攪拌時間が同一であれば、摩擦攪拌接合部位40の剪断強度は、従来技術による摩擦攪拌接合部位に比して著しく大きくなり、直径6mmの電極を用いて抵抗スポット溶接を行った場合と略同等となる。このように、本実施の形態によれば、接合強度が良好な有摩擦攪拌接合部部材42を製作することができる。この理由は、摩擦攪拌接合によって積層部6が良好に接合されたことに加え、図3に示すように、第2ワークW2に形成された突出部26が第1ワークW1に形成された陥没部28に嵌合するからである。すなわち、陥没部138の下端部が、塑性変形によって凹部132に対応する形状に成形され、いわゆるかしめ状態が設けられる。このように第1ワークW1と第2ワークW2とでかしめ状態が形成されることによって、第1ワークW1と第2ワークW2とが強固に接合され、接合強度が向上したためである。
- [0058] また、図28から諒解されるように、従来技術に係る摩擦攪拌接合方法においては、プローブ8の長さLは、第2ワークW2の肉厚T2よりも必ず大きくなければならない。プローブ8の長さLが肉厚T2よりも小さい場合、埋没したプローブ8の先端が境界線Mに到達しないので、第1ワークW1の肉が攪拌されることがなく、このために第1ワークW1と第2ワークW2とを固相接合することができなくなるからである。さらに、埋没したプローブ8が支持用治具まで到達しないように、肉厚T1と第2ワークW2の肉厚T2との和は、プローブ8の長さLに比して小さくなければならない。
- [0059] これに対し、第1実施形態に係る摩擦攪拌接合方法においては、プローブ8の長さLが肉厚T2よりも小さい場合であっても、図6に示すように、プローブ8が第2ワークW2に埋没することに伴って該第2ワークW2が陥没し、その結果、境界線Mが第1ワー

クW1に陥没する。このため、境界線Mの陥没部の近傍では、プローブ8の回転動作によって第2ワークW2の肉が攪拌されることに伴い、第1ワークW1の肉も攪拌される。従って、この場合においても積層部6を固相接合させて摩擦攪拌接合部位40を設けることができる。

- [0060] また、図7に示すように、プローブ8の長さLが肉厚T1と肉厚T2の和より大きい場合であっても、陥没した積層部6の肉が凹部18に流入するのみであるので、プローブ8の先端部が支持用治具10に到達することはない。このため、積層部6と支持用治具10とが干渉することもない。
- [0061] このように、本実施の形態によれば、様々な肉厚のワークを摩擦攪拌接合することが可能となる。従って、ワークの肉厚に対応する寸法の摩擦攪拌接合用工具に交換する必要がある。このため、煩雑な交換作業を行う必要がなくなるとともに、様々な寸法の摩擦攪拌接合用工具を用意する必要がないので、摩擦攪拌接合に要するコストを低廉化することもできる。
- [0062] なお、凹部は、円柱形状の凹部18に特に限定されるものではなく、図8に示すように、開口部近傍にテーパ部50が設けられた凹部52であってもよいし、図9に示すように、開口部からテーパ状に縮径する凹部54であってもよい。また、図10に示すように、凹部18の底部に環状溝56を設けるようにしてもよい。
- [0063] さらに、図11に示すように、長尺溝からなる凹部58であってもよい。この場合、プローブ8を走査することで、凹部58の形状に対応して、長尺な凸部が形成される。
- [0064] さらにまた、凹部18、52、54、58の全空間に積層部6の肉が充填されなくてもよい。
- [0065] そして、積層されるワークの個数は2個に限定されるものではなく、3個以上のワークを積層することもできる。
- [0066] 次に、第2実施形態について説明する。この第2実施形態では、図12にその要部拡大略斜視図を示す摩擦攪拌接合用治具110が使用される。この摩擦攪拌接合用治具110は、図13に示す挿入用凹部112が設けられた支持用治具114と、前記挿入用凹部112に挿入された載置治具116とを有する。
- [0067] この場合、支持用治具114の形状は略直方体であり、前記挿入用凹部112は該支

持用治具114の上端面の略中央部に設けられている。図14から諒解されるように、挿入用凹部112は、2本の平行な長辺部と、該長辺部に直交する2本の短辺部とをその水平断面に有し、長辺部と短辺部との間には円弧部が介在されている。

[0068] 図13に示すように、載置治具116は、水平断面が挿入用凹部112と相似形であり且つ該挿入用凹部112に比して若干小寸法の突出部118と、挿入用凹部112に比して大径なフランジ部120と、載置部122とを有し、このうちの突出部118が前記挿入用凹部112に挿入される一方、フランジ部120の下端面が支持用治具114の上端面に当接している。この当接により、載置治具116が堰止されている。なお、突出部118が挿入用凹部112に比して若干小寸法であるため、挿入用凹部112の内周壁と突出部118の側周壁との間にはクリアランス124が生じている。

[0069] また、挿入用凹部112の内周壁、及び突出部118の側周壁には環状溝126、128がそれぞれ設けられており、これら環状溝126、128の中には、弾性体としてのゴム製のリング130が挿入されている。換言すれば、挿入用凹部112の内周壁と、載置治具116における突出部118の側周壁とは、リング130が介在された状態で互いにやや離間している。

[0070] そして、載置部122の上端面には、その水平断面が略真円である中空円柱体形状の凹部132が設けられている(図12参照)。

[0071] 載置部122の凹部132は、後述するように、第1ワークW1及び第2ワークW2が互いに積層されて形成された積層部6によって覆われる。これら第1ワークW1及び第2ワークW2は、摩擦攪拌接合用治具110の近傍に配置された図示しない支持台によってそれぞれ支持される。

[0072] 上記第1実施形態と同様に、摩擦攪拌接合用工具7は、回転体9と、該回転体9の一端部に連結されて先端部が円錐状に湾曲したプローブ8とを有する。このプローブ8の外径は、載置部122に設けられた凹部132の直径に比して小さく設けられる。なお、プローブ8の長さL、第1ワークW1の肉厚T1、第2ワークW2の肉厚T2は、例えば、約2.5mm、約1.5mm、約1.0mmに設定することができる。

[0073] 第2実施形態に係る摩擦攪拌接合用治具110は、基本的には以上のように構成されるものであり、次に、その作用効果につき、第2実施形態に係る摩擦攪拌接合方法

との関係で説明する。

- [0074] 第2実施形態に係る摩擦攪拌接合方法は、以下のようにして実施される。
- [0075] 先ず、図12に示すように、第1ワークW1と第2ワークW2とを積層して積層部6を形成し、該積層部6を載置治具116の載置部122の上端面に載置する。これにより、凹部132が積層部6で覆われる。
- [0076] 次に、図14に示すように、摩擦攪拌接合用工具7(プローブ8)を、その軸線L2が凹部132の軸線L1に可及的に一致するように配置する。この時点で、軸線L1と軸線L2とを完全に一致させる必要は特にない。
- [0077] そして、プローブ8を、積層部6から所定間隔で離間する位置まで下降させた後、該プローブ8を回転体9ごと回転付勢する。この状態で、図13に示すように、プローブ8を積層部6の上端面に摺接させる。この摺接に伴い摩擦熱が発生することによって、積層部6におけるプローブ8の当接箇所及びその近傍が軟化する。その結果、図15に示すように、該プローブ8が積層部6に埋没するとともに、この埋没に対応して、積層部6の肉が凹部132に流入する。上記したように、凹部132の水平断面の直径がプローブ8の直径に比して大きいため、この流入は容易に進行する。
- [0078] ここで、回転動作するプローブ8が芯ずれを起こした状態で積層部6に埋没し、肉が凹部132に流入すると、載置治具116には、軸線L1又は軸線L2に対して直行する方向、すなわち、水平方向に指向する力が作用する。この力は、芯ずれが大きくなる方向に比して芯ずれが小さくなる方向に作用する方が大きい。従って、この力の作用下に、載置治具116は、挿入用凹部112の内部で水平方向に指向して変位する。その結果、最終的に、図15及び図16に示すように、軸線L1と軸線L2とが一致する。
- [0079] なお、この変位の際には、弾性体であるOリング130が変形する。すなわち、Oリング130によって載置治具116の変位が妨げられることはない。
- [0080] すなわち、本実施の形態においては、プローブ8が、該プローブ8の軸線L2が凹部132の軸線L1と一致しない状態で積層部6に埋没した際、載置治具116が、軸線L1と軸線L2とが一致する方向に変位することによって芯出しが営まれる。このため、プローブ8を埋没させる際に軸線L1と軸線L2とを精度よく一致させる必要がない。換

言すれば、煩雑な作業である芯出しを、摩擦攪拌接合を実施する前に予め行う必要がなくなる。このため、摩擦攪拌接合の作業効率が向上する。

- [0081] しかも、この場合、軸線L1と軸線L2とが略一致した状態でプローブ8の積層部6への埋没が進行するので、プローブ8が、凹部132の内周壁と一定間隔をもって該凹部132の略中心部に挿入される。従って、プローブ8の側周壁と凹部132の内周壁との間に、間隔が小さい領域と大きい領域とが形成されることはない。このため、プローブ8の周囲の肉(攪拌領域A2)が同等に攪拌され、その結果、該肉における摩擦攪拌接合の度合いが、部位に関わらず同等となる。すなわち、攪拌される肉の量が少ない部位がないため、接合強度が小さい部位がない。このような理由から、積層部6の接合強度を大きくすることができる。
- [0082] また、該積層部6の肉が凹部132に流入しているため、当接部位の肉を多量に攪拌することができる。
- [0083] さらに、第1実施形態と同様に、プローブ8の埋没に伴って、第2ワークW2における第1ワークW1に臨む面に突出部136が形成されるとともに、第1ワークW1における第2ワークW2に臨む面に陥没部138が形成され、該陥没部138に前記突出部136が嵌合する。なお、陥没部138の下端部は、肉の塑性流動が行われない非攪拌部(塑性変形部)である。すなわち、陥没部138の下端部が、塑性変形によって凹部132に対応する形状に成形されてかしめ状態が設けられる。このように、第1ワークW1と第2ワークW2とでかしめ状態が形成されることによっても、接合強度が向上する。
- [0084] しかも、第2実施形態によれば、積層部6において、プローブ8が埋没した分の肉が凹部132に塑性流動する。このため、肉が隆起することがないので、バリが形成されることもない。このように、凹部132が設けられた載置治具116を使用することにより、バリBLを形成することなく積層部6を摩擦攪拌接合することができる。
- [0085] なお、プローブ8が回転動作することに追従して載置治具116が回転動作しようとした場合、図17に示すように、突出部118の外壁部が挿入用凹部112の内壁部に干渉する。このため、載置治具116が回転動作することが阻止されるので、摩擦攪拌接合の実施が妨げられることはない。
- [0086] この場合、攪拌を開始しておよそ2秒後にプローブ8を離脱させることで肉の塑性流

動を停止させれば、最終的に、積層部6の肉が冷却固化する。これにより第1ワークW1と第2ワークW2とが一体的に固相接合されて、第1実施形態同様(図4参照)、図18に示すように、摩擦攪拌接合部位40が形成されて有摩擦攪拌接合部材140が得られるに至る。この有摩擦攪拌接合部材140における第1ワークW1側には、凹部132に流入した肉が冷却固化することに伴って突出形成された円柱体形状の凸部44が存在する。すなわち、この場合においても、凹部132の直径と略同一の外径を有する凸部44が得られる。

- [0087] なお、載置部122に設けられる凹部は、円柱形状の凹部132に特に限定されるものではない。例えば、長尺溝形状のものであってもよい。この場合、プローブ8を走査することで、長尺溝形状の凹部に対応して、長尺な凸部が形成される。
- [0088] また、凹部132の全空間に積層部6の肉が充填される必要は特にない。
- [0089] そして、積層されるワークの個数は2個に限定されるものではなく、3個以上のワークを積層するようにしてもよい。
- [0090] 以上の第1実施形態及び第2実施形態において、図19に示す摩擦攪拌接合用工具210を使用するようにしてもよい。第1実施形態を例として説明すれば、この摩擦攪拌接合用工具210は、第1ワークW1と第2ワークW2との積層部6を摩擦攪拌接合によって接合するためのものであり、上方の第2ワークW2を押圧する回転体216と、該回転体216の先端部に同軸状に形成されて積層部6に埋没されるプローブ218とを有する。積層部6は、第1実施形態と同様、凹部18を有する支持用治具10上に固定されている。凹部18の内径はプローブ218の外径よりも大きく、凹部18とプローブ218は同軸状に設定されている。
- [0091] プローブ218の先端部には、右ねじの螺旋形状である第1ねじ部220と、該第1ねじ部220よりも後側に設けられ、左ねじの螺旋形状である第2ねじ部222とが設けられている。このような構成であるプローブ218の材質としては、例えば、高速度工具鋼を挙げることができる。
- [0092] なお、摩擦攪拌接合用工具210は、摩擦攪拌接合を行う際、回転体216の上方から見て時計方向に回転するように駆動される。
- [0093] 第1ねじ部220と第2ねじ部222との境界線224から回転体216の端面216aまで

の距離Hは、表側の第2ワークW2の厚みから後述する幅H1を差し引いた値と等しく設定されている。幅H1は僅かな値であることから、實際上、距離Hを第2ワークW2の厚みと等しく設定してもよい。

- [0094] また、第1ねじ部220のねじ山220aと第2ねじ部222のねじ山222aは連続している。すなわち、プローブ218の側面を展開して模式的に示すと、図20に示すように、ねじ山220aとねじ山222aは、境界線224の点Pで接続されている。ねじ山220aとねじ山222aとの間には、細い溝等が設けられていてもよく、ねじ山220aとねじ山222aが実質的に点Pで接続されていればよい。
- [0095] 第1ねじ部220及び第2ねじ部222には、ねじ山220a及びねじ山222a以外の他のねじ山220b及び222bを設け、2条のねじとしてもよい。
- [0096] 図19及び図20から明らかなように、第1ねじ部220と第2ねじ部222のねじピッチは等しく設定されるとともに、第1ねじ部220と第2ねじ部222の軸方向長さHは等しく設定されている。すなわち、図20において、ねじ山220aとねじ山222aは、境界線224を中心とする対称形である。
- [0097] なお、図19及び図20においては、説明の便宜上、境界線224を一点鎖線で仮想的に示しているが、該境界線224は、実際には存在しない。
- [0098] 次に、このように構成される摩擦攪拌接合用工具210を用いて、積層部6を摩擦攪拌接合する工程について説明する。
- [0099] まず、第1ワークW1と第2ワークW2とを積層した積層部6を、図19に示すように、凹部18を覆うようにして支持用治具10に載置する。その後、積層部6の上方に位置する摩擦攪拌接合用工具210を回転させる。この場合、摩擦攪拌接合用工具210は、時計回りに回転される。
- [0100] 次に、図21に示すように、回転を維持したまま摩擦攪拌接合用工具210を下降させ、積層部6(上方の第2ワークW2)に対してプローブ218を加圧して埋没させる。このとき該プローブ218の先端に設けられた第1ねじ部220は右ねじであることから、第2ワークW2に対してボルトを挿入する(又は、タップを切る)如くスムーズに埋没される。
- [0101] 摩擦攪拌接合においては、最初に摩擦攪拌接合用工具210を第2ワークW2の表

面に当接させて埋没を開始するときには所定の加圧力が必要となるが、このときに第1ねじ部220の作用によってプローブ218がスムーズに埋没されることから、摩擦攪拌接合用工具210に必要とされる押圧力が小さく、該摩擦攪拌接合用工具210の高寿命化を図ることができる。

- [0102] 図22に示すように、回転体216の端面216aが第2ワークW2の表面に対して、僅かな幅H1だけ食い込むまで摩擦攪拌接合用工具210をさらに下降させる。この際、摩擦攪拌接合用工具210は時計方向に回転しているが、第2ねじ部222は左ねじであることから、該第2ねじ部222は第2ワークW2に対して挿入を阻止する抗力を発生する。この抗力は、第2ねじ部222が第2ワークW2に埋没するに従って大きくなる。
- [0103] 一方、前記のとおり第1ねじ部220は右ねじであることから、摩擦攪拌接合用工具210を時計方向に回転させることによって、第1ねじ部220は下方に向けて移動する力を発生する。第1ねじ部220と第2ねじ部222のねじピッチは等しく設定されるとともに、第1ねじ部220と第2ねじ部222の軸方向長さHは等しく設定されていることから、第1ねじ部220が下方に向けて移動する力と第2ねじ部222が発生する抗力とがやがてバランスする。
- [0104] 少なくとも、境界線224が第2ワークW2の表面に達するまでは、第2ワークW2及び第1ワークW1に対して、第1ねじ部220の作用によってプローブ218がスムーズに埋没する。このため、駆動装置による加圧力が小さくなるという利点がある。
- [0105] また、プローブ218を回転及び下降させる際に、第2ワークW2及び第1ワークW1は第1ねじ部220によって上方へ浮き上がる力を受ける一方、第2ねじ部222によって下へ向かって押し付けられる。これにより、第2ワークW2及び第1ワークW1の浮き上がりを防止できる。
- [0106] 次に、端面216aが第2ワークW2よりも幅H1だけ食い込むまで下降した後、摩擦攪拌接合用工具210の回転を維持したまま、下降動作のみを停止させる。この際、第1ねじ部220が下方に向けて移動する力と第2ねじ部222が発生する抗力がバランスすることから、プローブ218が不必要に下降することが防止される。また、このときプローブ218における第1ねじ部220と第2ねじ部222との境界線224は、第2ワークW2と第1ワークW1との境界線Mに一致する。境界線224と境界線Mは、略一致し

ていればよい。

- [0107] この場合においても、積層部6の塑性流動した肉を支持用治具10の凹部18に流入させるようにしているので、該積層部6における攪拌領域が大きくなる。すなわち、積層部6の肉が大きく攪拌されて冷却固化するので、接合強度が良好な有摩擦攪拌接合部部材42(図4参照)を得ることができる。
- [0108] さらに、図22の矢印X1及びX2で模式的に示すように、下方の第1ワークW1におけるプローブ218の近傍部は、第1ねじ部220によって上方へ巻き上げられる。一方、矢印Y1及びY2で模式的に示すように、表側の第2ワークW2におけるプローブ218の近傍部は、第2ねじ部222によって下方へ押し下げられる。
- [0109] 次に、図23に示すように、第2ワークW2においては矢印Y1、Y2の方向に、第1ワークW1においては矢印X1及びX2の方向に、それぞれ塑性流動が発生する。これらの塑性流動は、矢印X1、X2、Y1及びY2の方向に沿った均一な塑性流動となる。なお、図23(及び後述する図24)におけるクロスハッチング部は、塑性流動が発生する箇所を模式的に示すものである。
- [0110] 第1ねじ部220によって上方へ巻き上げられる流動体と第2ねじ部222によって押し下げられる流動体は、境界線224の付近で合流し、境界線Mに沿うように外径方向に押し出される。
- [0111] また、上記のとおり、第1ねじ部220と第2ねじ部222のねじピッチは等しく設定されるときともに、第1ねじ部220と第2ねじ部222の軸方向長さHは等しく設定されていることから、第1ねじ部220による塑性流動と第2ねじ部222による塑性流動がバランスよく発生し、境界線224付近における塑性流動が促進される。
- [0112] このように、第2ワークW2と第1ワークW1は、境界線Mの部分が重点的に攪拌されることとなり、しかも、第2ワークW2及び第1ワークW1とも薄板化されることがなく、広い面積が確実に接合される。特に、プローブ218における第1ねじ部220と第2ねじ部222の各ねじ山220a及び222aは点Pで接続されている(図20参照)ことから、境界線Mの付近における塑性流動が促進され、流動体がより一層外方へ向かって押し出される。
- [0113] 第2ワークW2の薄肉化が防止されることから、接合部の高さH2は第2ワークW2の

板厚と略等しくなる。従って、荷重は広い面積に分散することとなり、接合強度が向上する。また、境界線Mの部分が広い面積に渡って攪拌接合されることから、剪断力以外に引張強度も大きくなる。

[0114] さらに、上方の第2ワークW2におけるプローブ218の近傍部は、第2ねじ部222によって下方へ押し下げられるように塑性流動することから、流動体が第2ワークW2の表面へ膨出することがなく、バリの発生を抑制することができる。

[0115] このようにして、積層部6を摩擦攪拌接合した後、摩擦攪拌接合用工具210を上方に引き上げてプローブ218を積層部6から離脱させる。この場合、第2ワークW2と第1ワークW1とは、摩擦攪拌接合用工具210が埋没した点で接合される、いわゆるスポット接合の形態で接合される。

[0116] なお、上述の説明では、第1ねじ部220のねじ山220aと第2ねじ部222のねじ山222aは、点P(図20参照)で接続されているものとして説明したが、必要に応じて、図25に示すようにねじ山220aの先端部とねじ山222aの先端部を周方向に離間させてもよい。また、図26に示すようにねじ山220aの先端部とねじ山222aの先端部、及びねじ山220bの先端部とねじ山222bの先端部を、軸方向に多少離間させてもよい。

[0117] ここで、摩擦攪拌接合用工具210を反時計方向に回転させる場合、境界線Mの部分で発生する攪拌接合が狭い面積となり、しかも、第2ワークW2の表面にバリが発生する懸念がある。この懸念を払拭するには、回転方向を反時計回りとする場合、図24に示すように、ねじの向きが上記とは逆の摩擦攪拌接合用工具250を用いることが好ましい。

[0118] すなわち、摩擦攪拌接合用工具250では、摩擦攪拌接合用工具210における第1ねじ部220に相当する第1ねじ部230が左ねじに設定され、前記第2ねじ部222に相当する第2ねじ部232が右ねじに設定される。このように、前記摩擦攪拌接合用工具210に対してねじの向きを逆にするとともに、反時計方向に回転させることにより、摩擦攪拌接合用工具250は、摩擦攪拌接合用工具210と同様の効果を奏する。

[0119] また、摩擦攪拌接合用工具210、250によって接合する対象は、上述の説明のように積層部6に限定されるものではなく、例えば、図27に示すように、端面同士が当接された第1ワークW1及び第2ワークW2の突き合わせ面を摩擦攪拌接合することでも

きる。この場合、摩擦攪拌接合用工具210、250を突き合わせ面に沿って移動させることにより、該突き合わせ面の摩擦攪拌接合が連続的に行われる。

[0120] 以上の説明において、便宜上、上下方向の表記を図面に従って記したが、第1ワークW1及び第2ワークW2の向きは任意方向に設定可能である。摩擦攪拌接合用工具7、210、250は、積層部6に対して略直角となる角度から押圧、埋没されればよい。

[0121] 本発明は、上述の実施の形態に限定されることなく、本発明の要旨を逸脱することのない範囲で種々の構成を採り得ることは勿論である。

請求の範囲

- [1] 複数の部材(W1、W2)が積層されることによって形成された積層部(6)の一端面を支持用治具(10)で支持し、前記積層部(6)の他端面から摩擦撹拌接合用工具(7)のプロープ(8)を埋没させて該積層部(6)を摩擦撹拌接合する摩擦撹拌接合方法であって、
- 前記支持用治具(10)に凹部(18)を設け、
- 前記プロープ(8)を回転動作させながら前記積層部(6)の前記他端面側から前記凹部(18)に指向して埋没させることにより、前記凹部(18)上の前記積層部(6)を接合するとともに、前記プロープ(8)の埋没方向に指向して突出する凸部(44)を前記積層部(6)の前記一端面に設けることを特徴とする摩擦撹拌接合方法。
- [2] 請求項1記載の接合方法において、前記凸部(44)に水平断面が略円形となる部位を設け、且つ前記水平断面の直径を前記プロープ(8)の外径に比して大きく設定することを特徴とする摩擦撹拌接合方法。
- [3] 複数の部材(W1、W2)が積層されることによって形成された積層部(6)を摩擦撹拌接合する際、前記積層部(6)の一端面を支持するための摩擦撹拌接合用支持用治具(10)であって、
- 摩擦撹拌接合用工具(7)のプロープ(8)が回転動作しながら前記積層部(6)の他端面側から埋没することに伴い、前記積層部(6)の前記一端面に前記プロープ(8)の埋没方向に指向して塑性流動する肉を収容するための凹部(18)を有することを特徴とする摩擦撹拌接合用支持用治具(10)。
- [4] 複数の部材(W1、W2)が積層されることによって形成された積層部(6)が摩擦撹拌接合で接合された有摩擦撹拌接合部部材(42)であって、
- 前記積層部(6)の一端面に、摩擦撹拌接合用工具(7)のプロープ(8)が該積層部(6)の他端面に埋没することに伴って突出形成した凸部(44)を有することを特徴とする有摩擦撹拌接合部部材(42)。
- [5] 複数の部材(W1、W2)が積層されることによって形成された積層部(6)を、支持用治具(114)の挿入用凹部(112)にクリアランス(124)が生じるように挿入されて且つ上端面に凹部(132)が設けられた載置治具(116)で支持し、前記積層部(6)の

上端面から摩擦撹拌接合用工具(7)のプロープ(8)を埋没させて該積層部(6)を摩擦撹拌接合する摩擦撹拌接合方法であって、

前記プロープ(8)を回転動作させながら前記積層部(6)の上端面から前記載置治具(116)の凹部(132)に指向して埋没させて該凹部(132)上の前記積層部(6)を摩擦撹拌接合する際、前記支持用治具(114)を、該載置治具(116)の凹部(132)の中心部と前記プロープ(8)の中心部とが一致する方向に前記挿入用凹部(112)内で変位させることを特徴とする摩擦撹拌接合方法。

- [6] 複数の部材(W1、W2)が積層されることによって形成された積層部(6)を摩擦撹拌接合するための摩擦撹拌接合用治具(110)であって、

上端面に凹部(132)が設けられて前記積層部(6)を載置するための載置治具(116)と、

前記載置治具(116)を挿入するための挿入用凹部(112)が設けられた支持用治具(114)と、

前記支持用治具(114)と、前記載置治具(116)における前記挿入用凹部(112)にクリアランス(124)が生じるように挿入された部位との間に介在された弾性体(130)と、

を有することを特徴とする摩擦撹拌接合用治具(110)。

- [7] 複数の金属製のワーク(W1、W2)の当接部を摩擦撹拌接合によって接合するための摩擦撹拌接合用工具(210)において、

前記ワーク(W1、W2)を押さえる回転体(216)と、

該回転体(216)の先端部に同軸状に形成されて前記ワーク(W1、W2)に挿入されるプロープ(218)と、

を有し、

前記プロープ(218)は、先端部に設けられ、螺旋形状である第1ねじ部(220)と、前記第1ねじ部(220)よりも後側に設けられ、前記第1ねじ部(220)と逆向きの螺旋形状である第2ねじ部(222)と、

を有することを特徴とする摩擦撹拌接合用工具(210)。

- [8] 請求項7記載の摩擦撹拌接合用工具(210)において、

複数個の前記ワーク(W1、W2)は重ね合わされ、
前記第1ねじ部(220)と前記第2ねじ部(222)との境界線(224)から前記回転体(216)の端面までの距離(H)は、複数個の前記ワーク(W1、W2)のうち表側のワーク(W2)の厚みと略等しく設定されていることを特徴とする摩擦攪拌接合用工具(210)。
。

- [9] 請求項7記載の摩擦攪拌接合用工具(210)において、
前記第1ねじ部(220)と前記第2ねじ部(222)のねじピッチは等しく設定されるとともに、
前記第1ねじ部(220)と前記第2ねじ部(222)の軸方向長さ(H)が等しく設定されていることを特徴とする摩擦攪拌接合用工具(210)。
- [10] 請求項7記載の摩擦攪拌接合用工具(210)において、
前記第1ねじ部(220)のねじ山(220a)と前記第2ねじ部(222)のねじ山(222a)は連続していることを特徴とする摩擦攪拌接合用工具(210)。

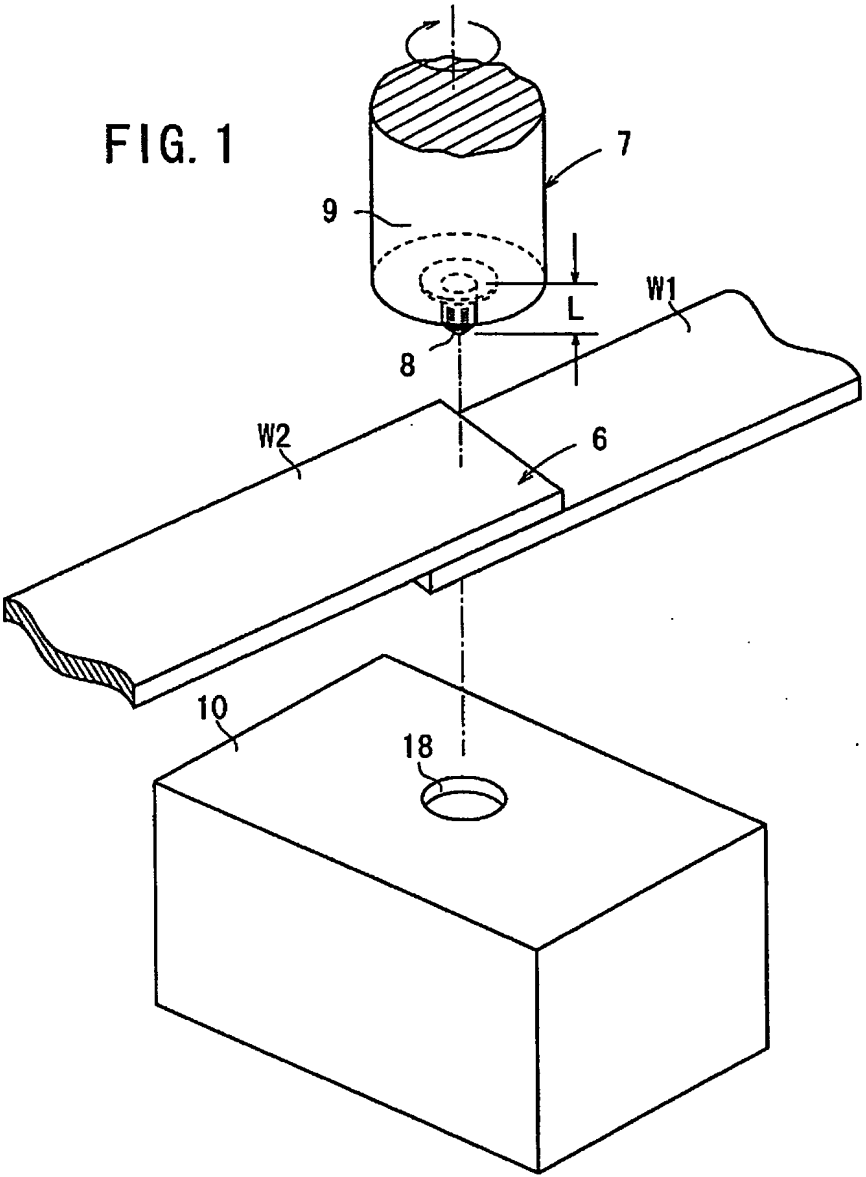


FIG. 2

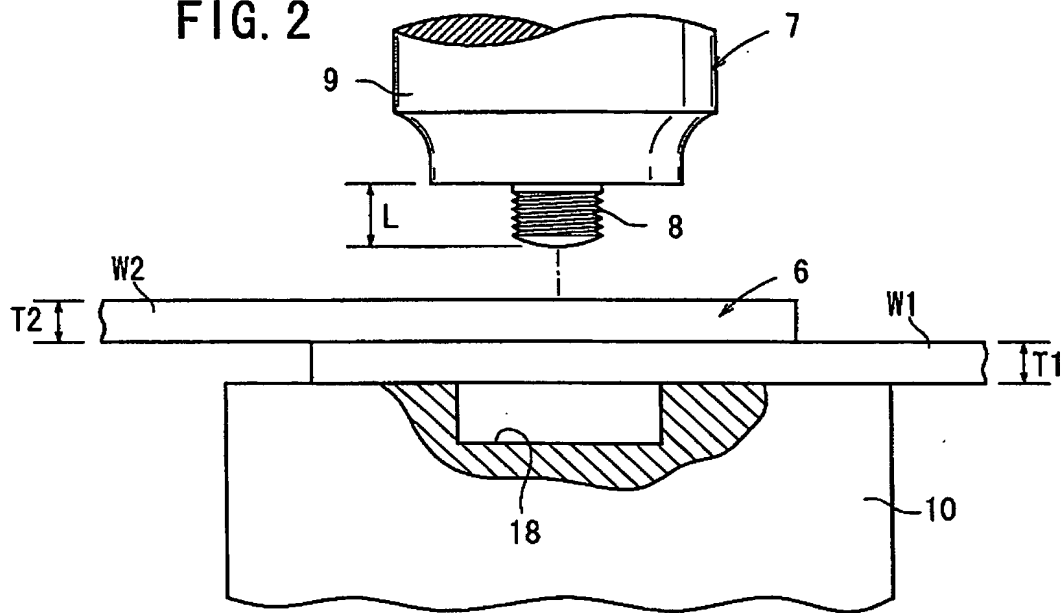


FIG. 3

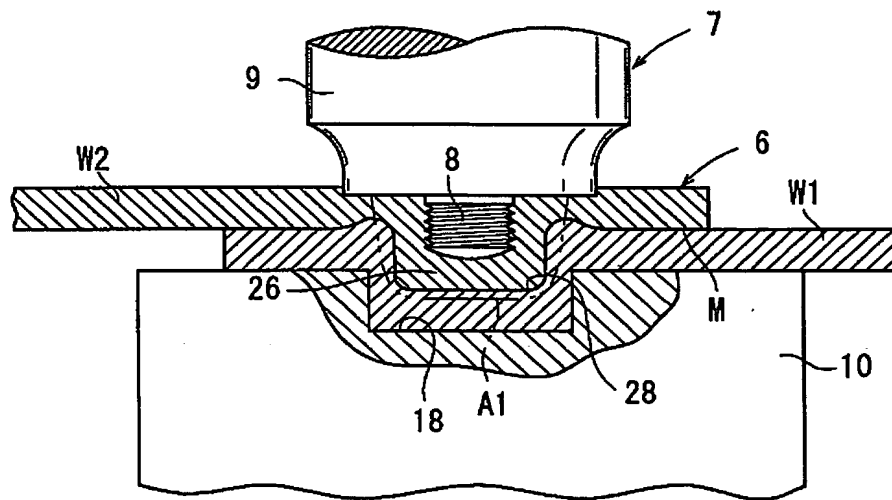


FIG. 4

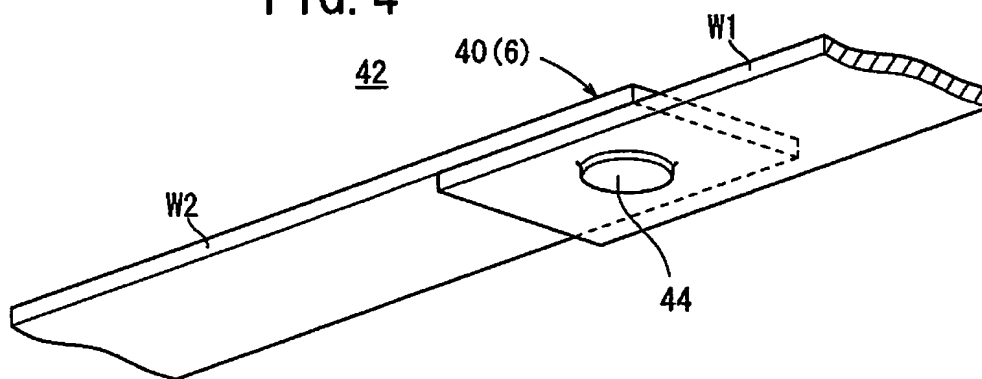


FIG. 5

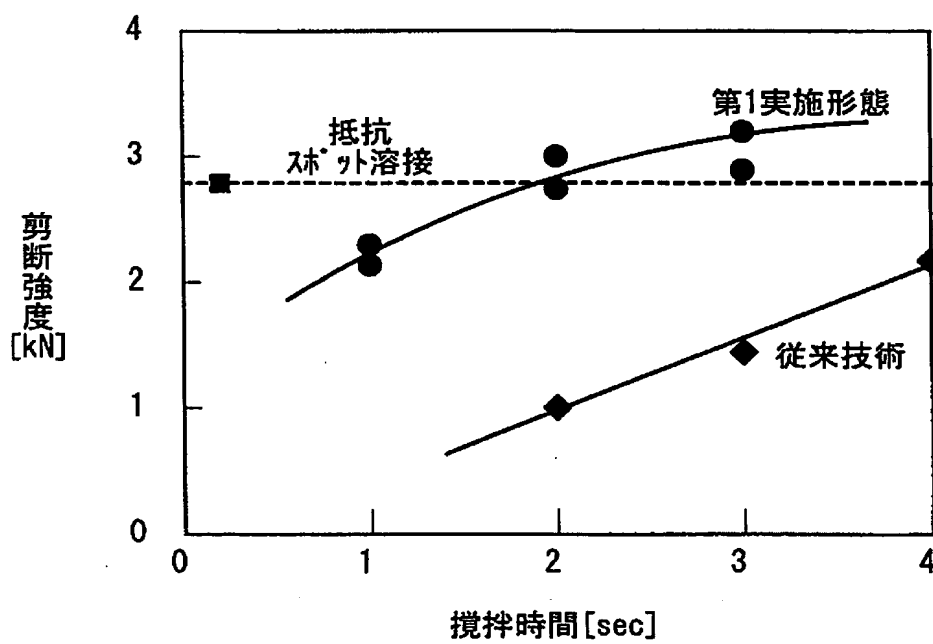


FIG. 6

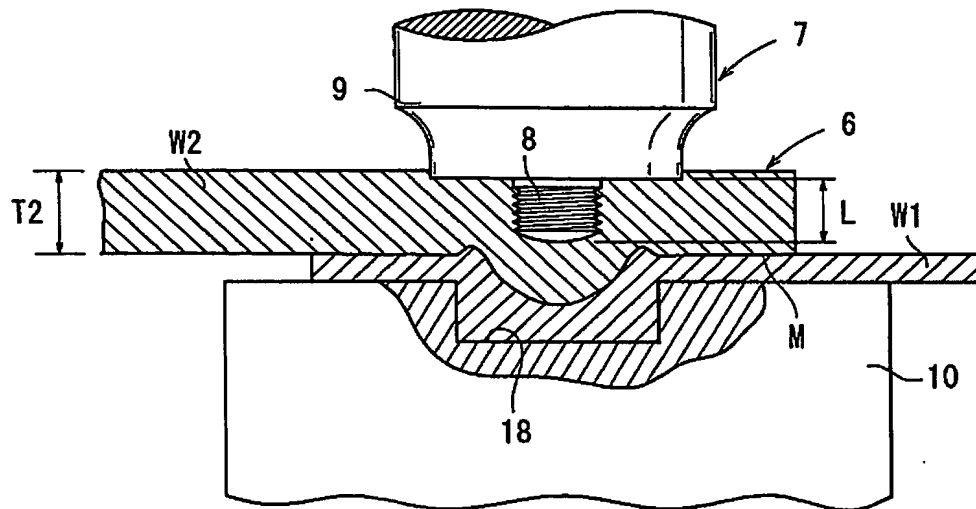


FIG. 7

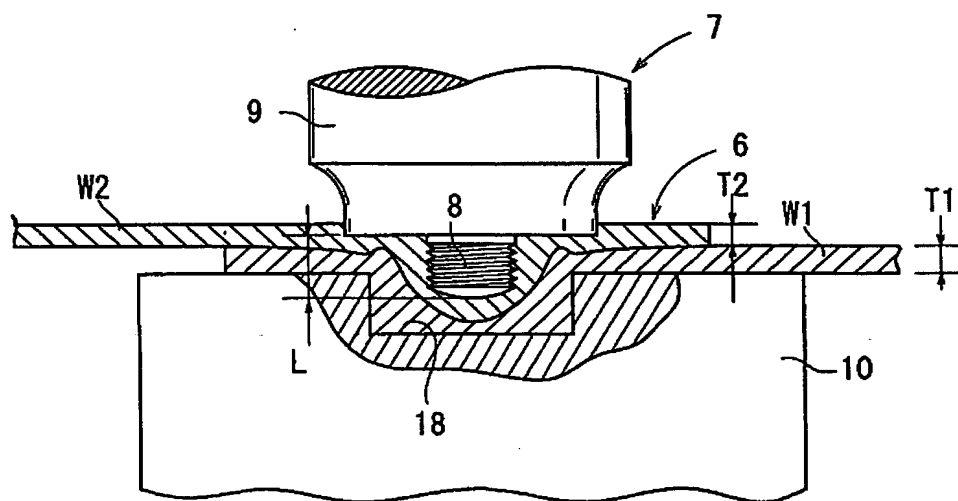


FIG. 8

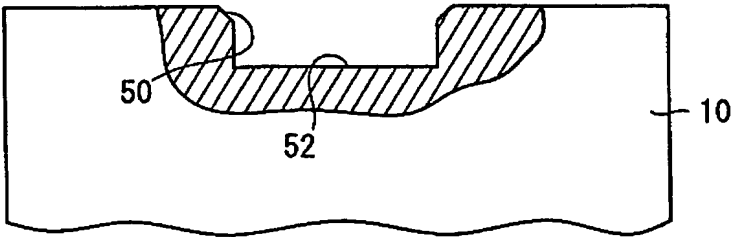


FIG. 9

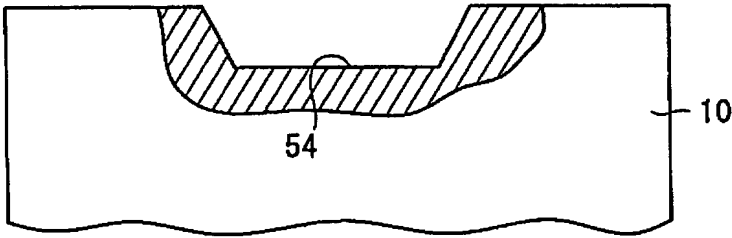


FIG. 10

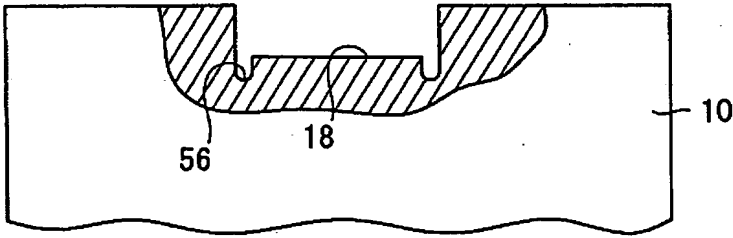


FIG. 11

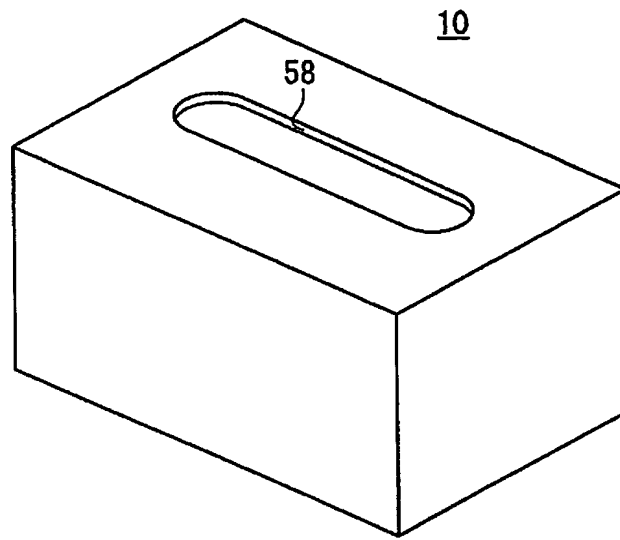


FIG. 12

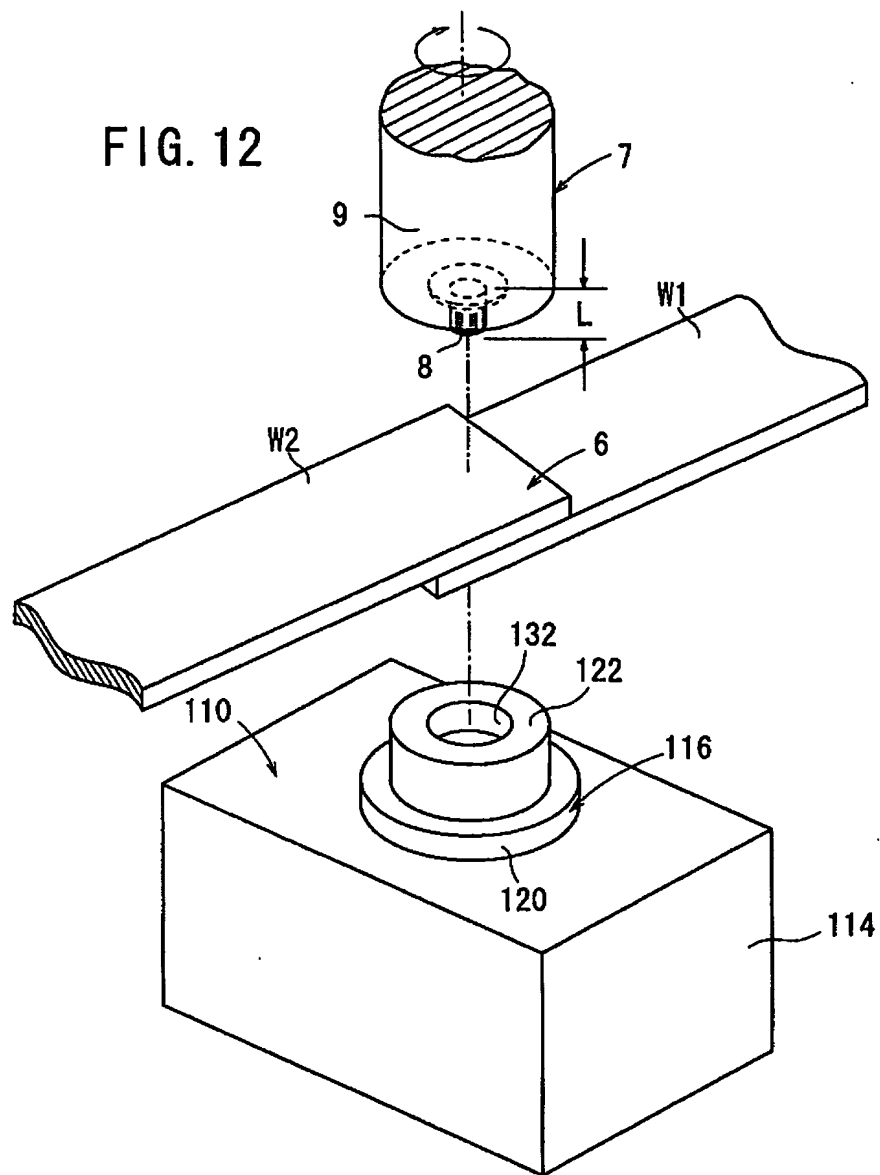


FIG. 13

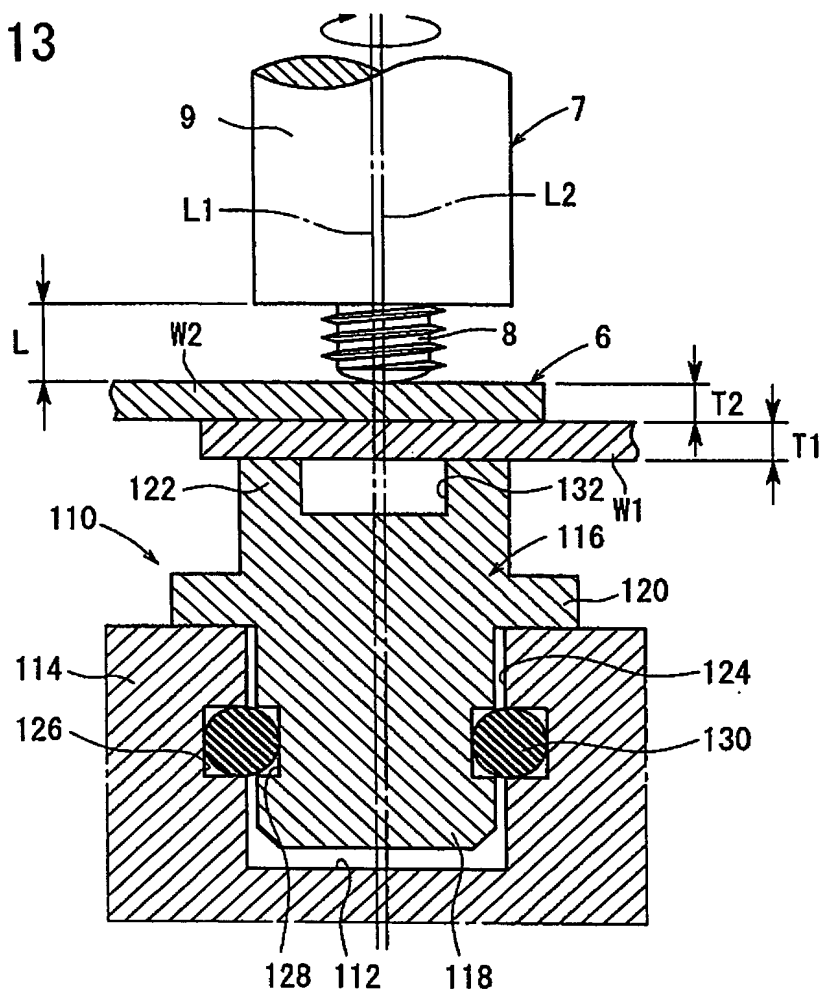


FIG. 14

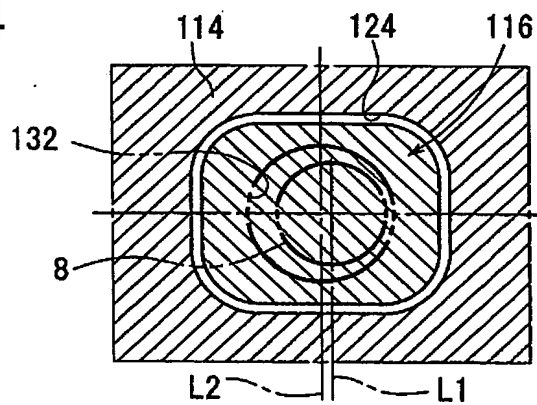


FIG. 17

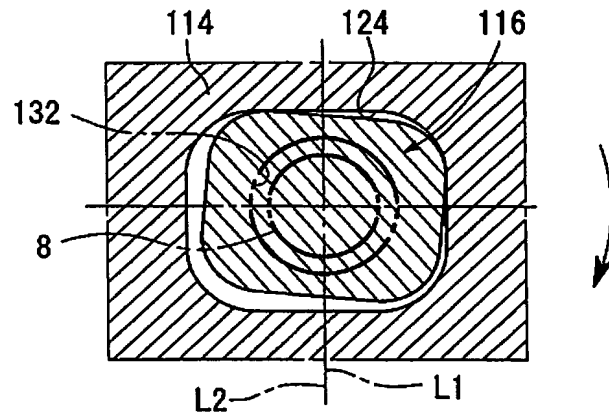


FIG. 18

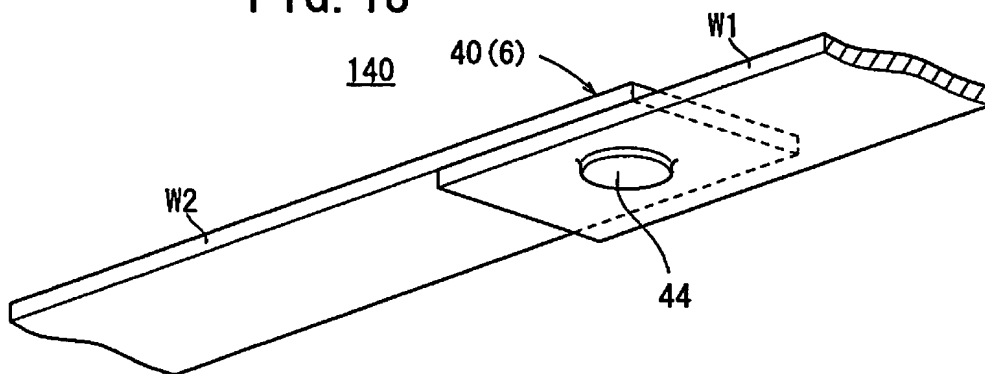


FIG. 19

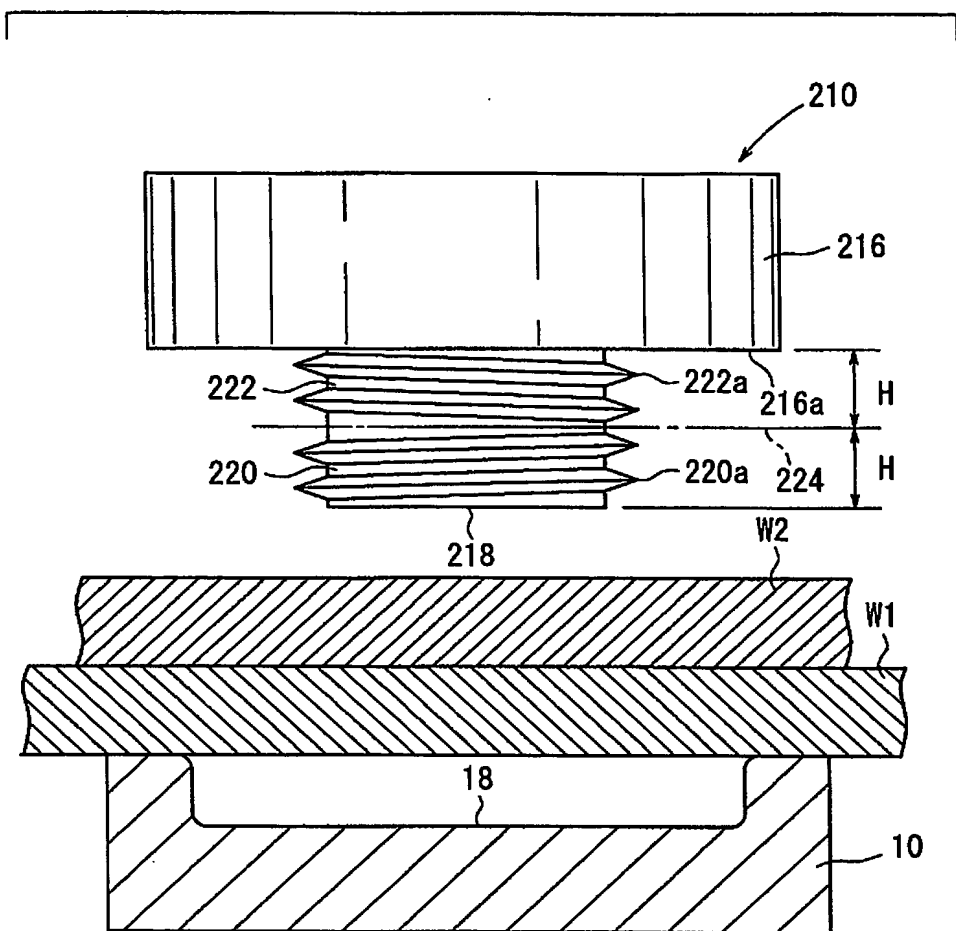


FIG. 20

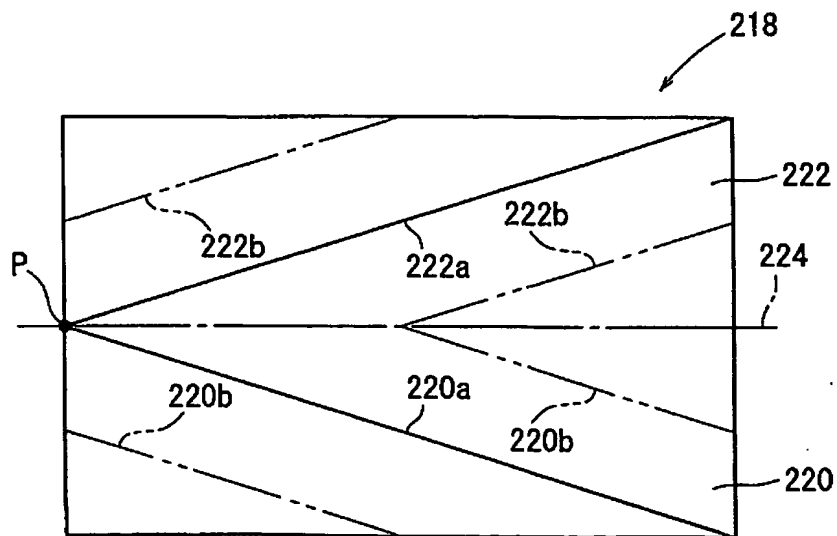


FIG. 21

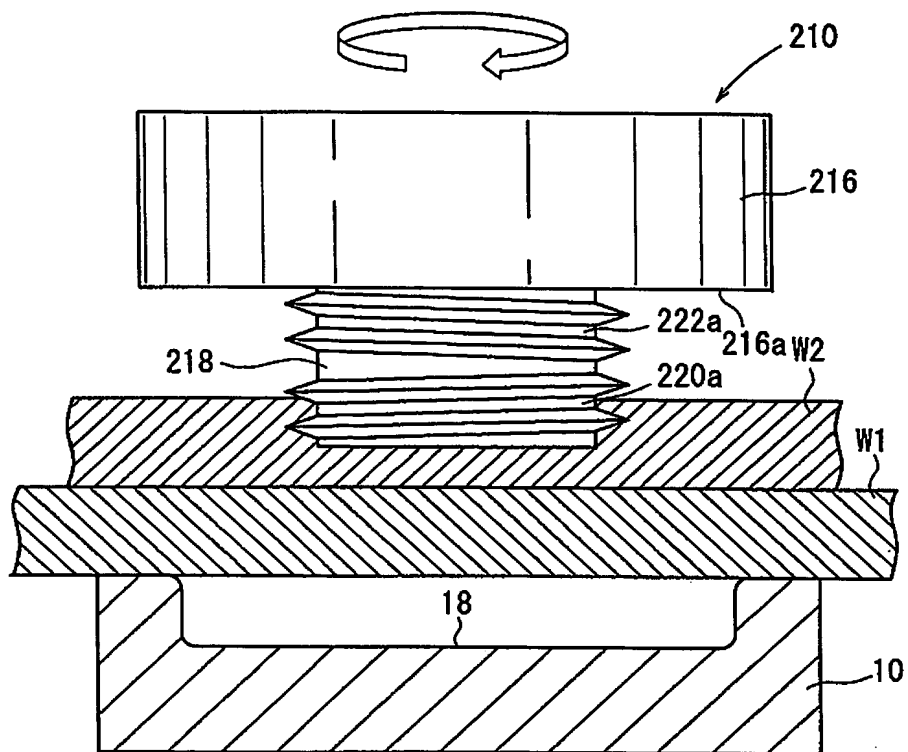


FIG. 22

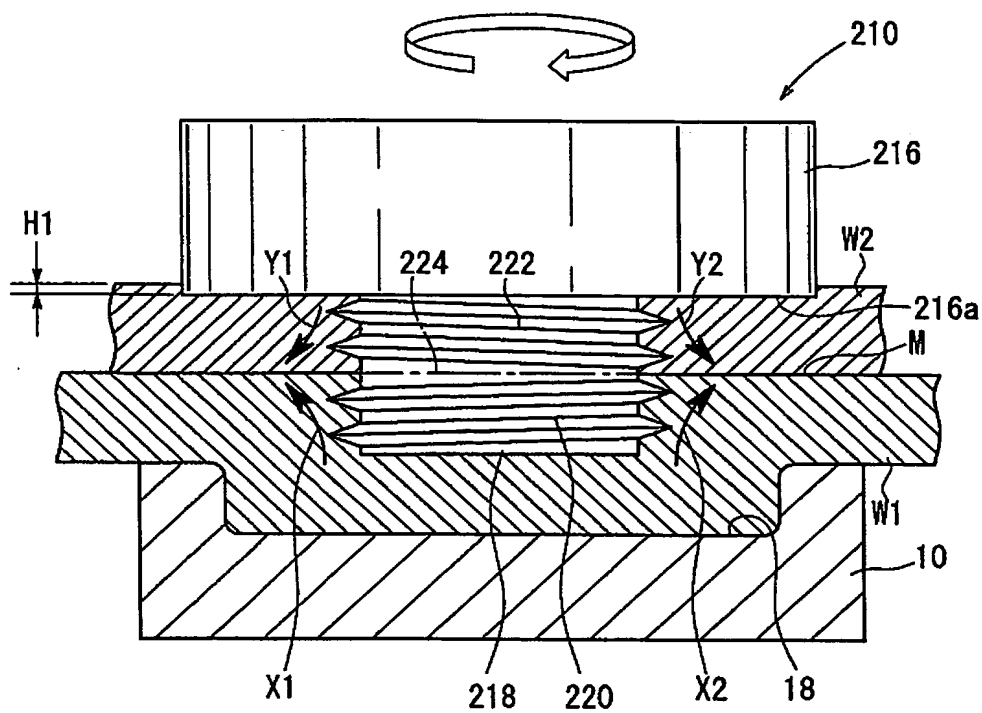


FIG. 25

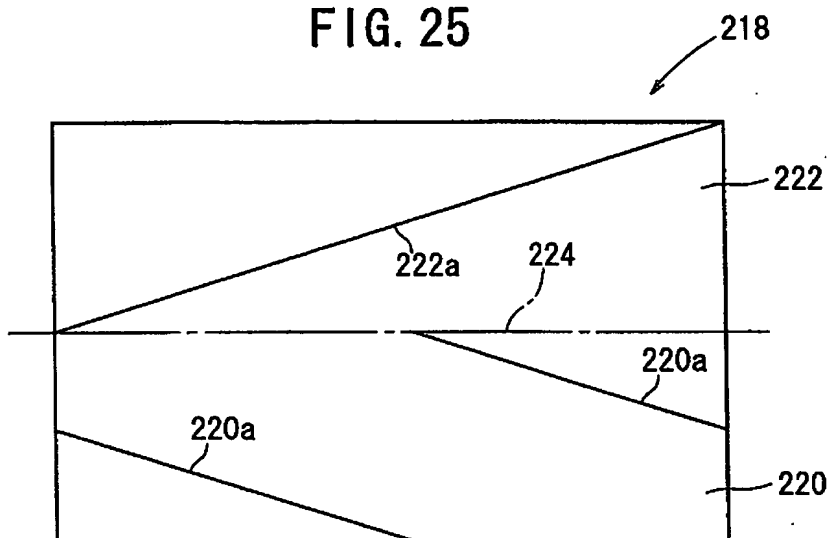
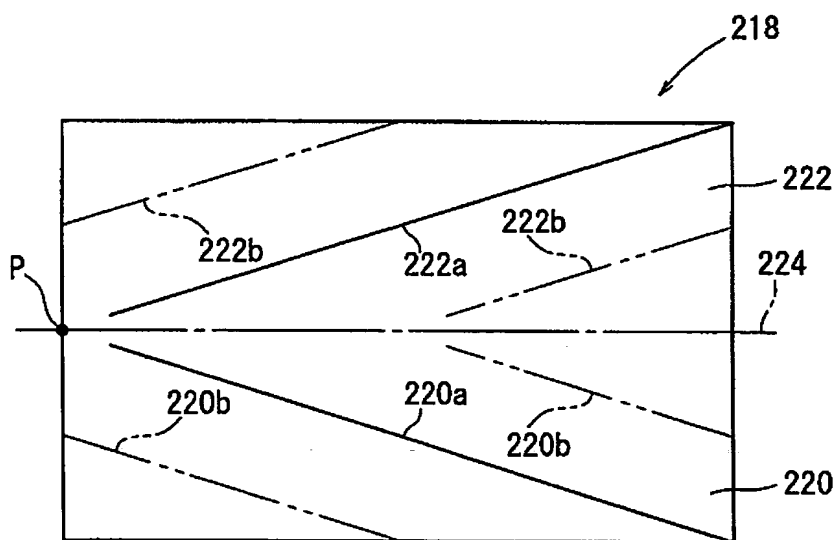


FIG. 26



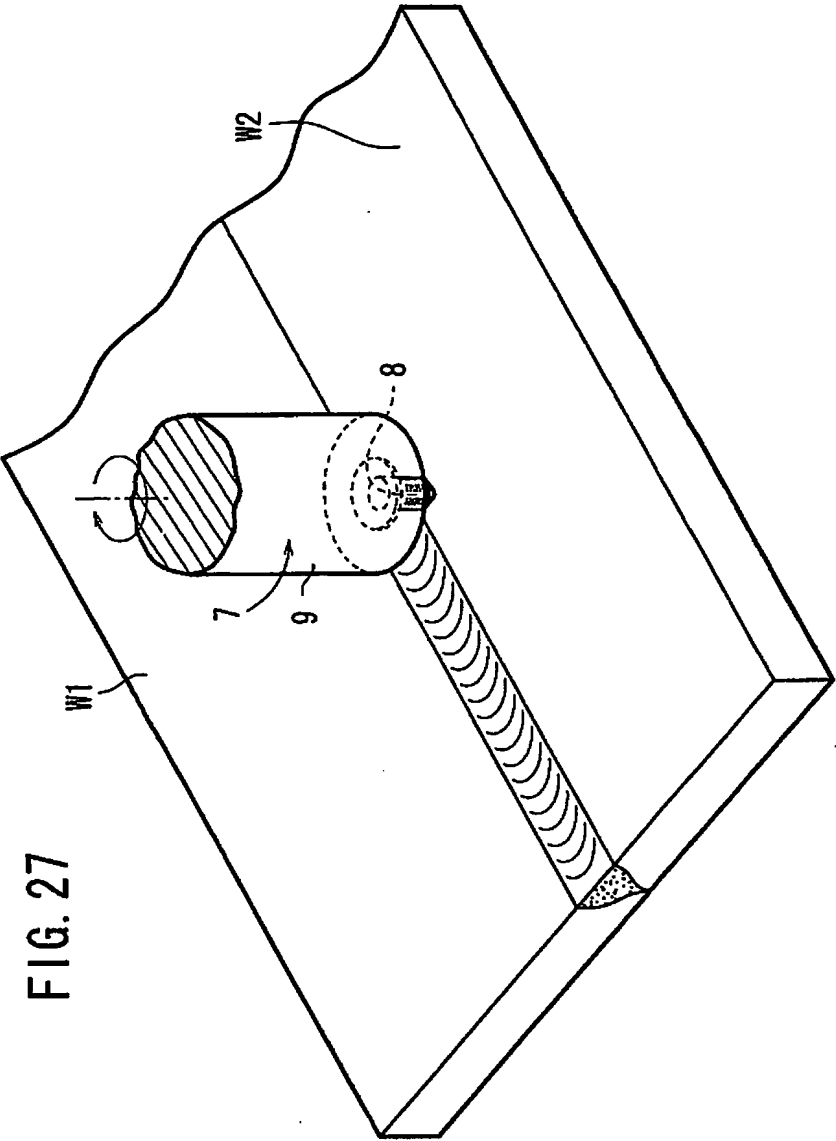


FIG. 27

FIG. 28

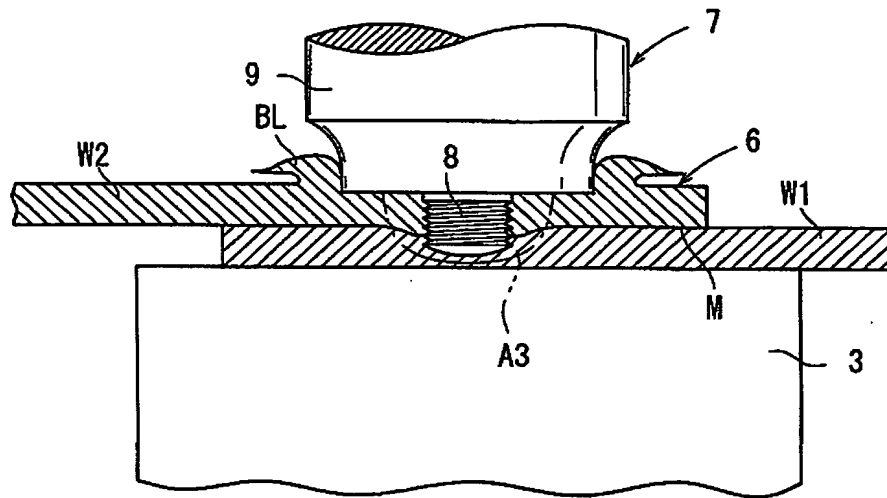


FIG. 29

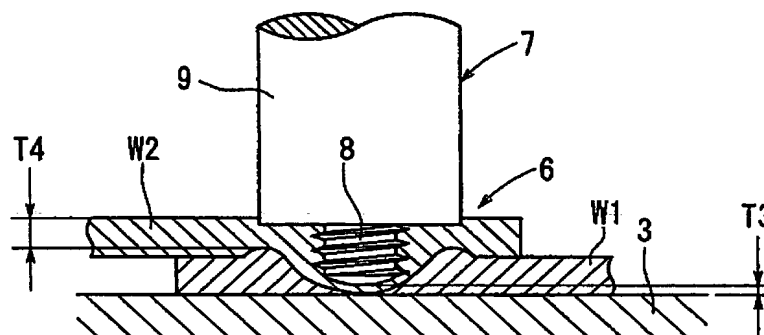


FIG. 30

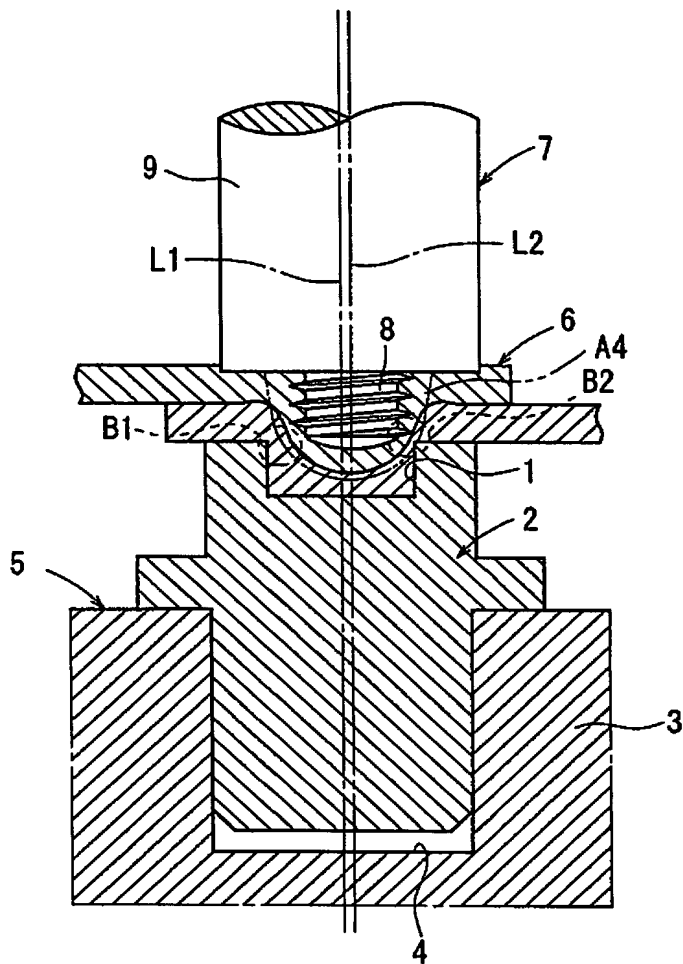


FIG. 31

